



# Gli orologi solari a rifrazione in Italia

Una storia completa degli esemplari più interessanti esistenti in Italia

**Lino Colombo**

[www.nicolaseverino.it](http://www.nicolaseverino.it)

ottobre 2009

## Premessa

*Quando scrissi l'articolo sulla storia degli orologi a rifrazione, rimasi alquanto perplesso e meravigliato di vedere una copia dell'orologio attribuito ad Hartmann nel Museo della Scienza e Tecnologia di Madrid. Considerato che gli antiquari vendono spesso falsi ricostruiti alla meno peggio, pensai che l'orologio capitato in mano a Lino Colombo fosse una replica dell'originale esposto nel museo spagnolo. Niente di più sbagliato, anche se l'osservazione a quel momento mi appariva giustificata dai fatti. Qualche tempo fa, Lino mi scrisse dicendomi che aveva qualcosa da dire in proposito e, promessa mantenuta, da pochi giorni mi ha inviato questa nota a rettifica di quanto ho erroneamente, ma non per mia colpa, creduto valutando i fatti di allora. Sono ben felice, quindi, di pubblicare questo nuovo articolo che si presenta non solo come una semplice nota volta a difendere le posizioni ed i fatti descritti nel primo articolo nel 1998, ma, con mia grande gioia, una ricerca documentale completa, quasi definitiva oserei dire, che pianta dei capisaldi fondamentali nella storia degli orologi solari a rifrazione nell'Europa e, in particolare, dei pochi esemplari italiani che ci sono pervenuti. Infatti, l'infaticabile Colombo non solo svela i "misteri" dell'orologio di Hartmann, ma va di persona a studiare l'esemplare a tazza del giardino pensile del Palazzo di Urbino svelando una notizia sorprendente. Pone nuovi dubbi e quesiti relativi ad altri esemplari custoditi nei musei sulla base di importanti fonti documentali e via dicendo. L'amico e collaboratore Lino Colombo, si dimostra ancora una volta un tenace e competente studioso della storia di questi strumenti, nonché leale amico e prezioso collaboratore. Atteso che l'intento principale del mio articolo, era quello di stimolare ricerche più particolareggiate in merito, sono felice che questo sia avvenuto. Un sentito ringraziamento da parte mia, quindi, per questa nuova, preziosa, collaborazione.*

Nicola Severino

Mi vedo costretto a scrivere questo intervento sugli orologi solari a rifrazione, per rettificare le affermazioni di Nicola Severino che mi riguardano direttamente, riportate nell'articolo *Storia dell'orologio solare a rifrazione* apparso nel marzo 2009 sul sito web [www.nicolaseverino.it](http://www.nicolaseverino.it), precisamente nel paragrafo intitolato "L'orologio di Hartman in Italia: originale, un falso o una svista?"

Sul primo numero della rivista "Gnomonica"<sup>1</sup>, edita dallo stesso Severino nel settembre 1998, annunciai la scoperta e il restauro di un orologio solare a rifrazione a forma di tazza emisferica, firmato da Georg Hatmann (latinizzato in Georgius Hartman) e datato 1547 (L. Colombo, *La meridiana di Acaz. Un orologio solare a rifrazione di Georg Hartmann datato 1547*, "Gnomonica", 1, pp. 13-17). Tale tazza non è un falso, bensì l'originale oggi conservato nel Museo Nacional de Ciencia y Tecnología di Madrid.

A questo punto della vicenda, che per me è stata lunga e incresciosa, vorrei aggiornare quanto ho già scritto nell'articolo menzionato, per adeguarlo allo stato attuale delle mie ricerche, rifiorite negli ultimi anni grazie a Stefano Pagliaroli, filologo dell'Università di Verona, che mi ha incalzato con quesiti e dubbi sull'argomento, fornendomi inoltre un notevole materiale bibliografico e immagini fotografiche veramente dettagliate.

---

<sup>1</sup> ripubblicato di nuovo ora, allegato al termine di questa nota con il corredo fotografico completo, ad alta definizione e a colori, cosa che non fu possibile nella rivista a stampa e neppure nell'edizione digitale.

La tazza di metallo fu rinvenuta probabilmente in un magazzino di Lugano (Svizzera) da un rigattiere di Varese, da cui un antiquario di mia conoscenza l'ha acquistata nell'aprile 1998 per poche migliaia di lire, prestandomela poi perché potessi studiarla. L'oggetto era talmente ossidato, sporco e incrostato che non si riusciva a immaginarne l'uso, anche perché le linee e le scritte incise al suo interno non erano visibili: il lavoro di pulizia è durato tre giorni.

Nel foro per la bussola presente sul fondo della tazza, il rigattiere aveva stretto un grosso bullone, che purtroppo ha rigato intorno la superficie, allo scopo di fissare il tutto sul dorso di un leone in metallo cromato!

Oltre alla bussola, mancava anche lo gnomone, perciò l'ho ricostruito impiegando il raggio di una ruota di motocicletta. Dopo aver inserito provvisoriamente nel foro una bussola moderna e aver riempito d'acqua la coppa, ne ho controllato a lungo il funzionamento con la luce del Sole.

Mi fu concesso di custodire l'orologio solare nella mia abitazione di Dairago (Mi) per più di un mese, durante il quale scrissi l'articolo pubblicato su "Gnomonica".

Nel frattempo l'antiquario cercò di vendere lo strumento a dei collezionisti italiani, ma le trattative non andarono in porto: la cifra richiesta era di circa 40 milioni di lire; io attesi invano l'interessamento di un importante museo cui avevo segnalato la scoperta.

Infine, grazie alla rifrazione della luce di un proiettore nella tazza colma d'acqua, potei mostrare il "miracolo di Acaz" ai miei concittadini, durante una conferenza tenuta presso il municipio locale il 29 maggio 1998, alla fine della quale dovetti riconsegnare definitivamente la tazza al proprietario.

L'orologio solare fu portato a Londra, accompagnato dal mio articolo. Passarono mesi di attesa, poi alla fine dell'anno comparve la pubblicità dell'asta Sotheby's *Fine Instruments of Science & Technology* annunciata per l'aprile successivo: in mezzo troneggiava la tazza di Hartmann, che fu effettivamente aggiudicata il 27 aprile 1999 per 90000 sterline a un anonimo compratore.

Per svolgere una relazione sulla meridiana di Acaz, fui invitato al IX Seminario di Gnomonica tenuto a San Felice del Benaco il 26-28 marzo 1999, però non vi partecipai. Allora don Alberto Cintio mi chiese di poter leggere in pubblico il mio articolo, a cui fece seguire una sua relazione sulle formule matematiche da impiegare per il calcolo e la costruzione degli orologi solari a rifrazione, detti anche anaclastici.

Il Museo Nacional de Ciencia y Tecnología di Madrid acquistò la tazza nell'estate 1999, se le mie informazioni sono corrette, per una cifra prossima al miliardo delle vecchie lire dal sagace vincitore dell'asta Sotheby's, favorito da A.J. Turner che nel catalogo dell'asta e in un suo successivo articolo ha immaginato l'orologio solare di Hartmann costruito per la Spagna centro-settentrionale più che per Roma - come sostengono le mie ricerche - e quale possibile committente l'imperatore Carlo V o un vescovo del suo seguito presente in Germania nel 1547 (A.J. Turner, *A biblical miracle in a Renaissance sundial*, "Bulletin of Scientific Instrument Society", n. 61, giugno 1999, pp. 11-14).

La tazza ora a Madrid è quasi perfettamente identica a quella del Museo de Santa Cruz a Toledo, quest'ultima ben conservata con la sua splendente doratura. Una terza tazza a rifrazione di Hartmann simile alle precedenti, ma datata 1548 e calcolata per la latitudine 43°13', è custodita nella Collection of Historical Scientific Instruments ad Harvard, acquistata a Parigi nel 1929.

L'orologio solare a rifrazione di Hartmann che ho avuto tra le mani era in origine munito di uno stilo inclinato come l'asse terrestre nella località d'impiego. In una scafea priva d'acqua a ore civili, detta scelta raggiungerebbe l'effetto voluto: tutta l'ombra dello stilo indicherebbe

l'ora, sovrapponendosi o interponendosi con precisione alle linee orarie, ottenendo così un'immediata e migliore leggibilità dell'orologio.

Quando però si versa l'acqua, solo la punta dell'ombra segna esattamente le ore, in quanto tale ombra non subisce la stessa deformazione "a cipolla" attorno al meridiano, che il costruttore è stato costretto a conferire alle linee tracciate sul quadrante, affinché lo strumento funzioni correttamente. La scelta operata dall'Hartmann è comunque un buon compromesso per le ore a cavallo del mezzogiorno, tra le 10 e le 14, quando il difetto individuato non si nota.

La tazza di Madrid porta incisa nel labbro superiore una stella, formata da un cerchietto con 6 raggi, per indicare la direzione della Polare e quindi il Nord. Nell'orologio sono evidenti molte approssimazioni nel tracciato delle linee, in particolare quelle stagionali sono ondegianti, asimmetriche e discontinue nei punti in cui tratti di diversa curvatura sono stati mal raccordati (tra le ore IX e X del mattino, tra le II e III del pomeriggio), addirittura in due punti manca completamente il raccordo (sulle ore III per le curve dell'Acquario e dei Pesci). La forma irregolare degli spazi liberi tra le curve sottolinea le incertezze del disegno.

La scritta sul bordo della tazza termina con i segni YH, che sembrano le prime due lettere della parola successiva HYDRAVLICVM scritte specularmente, come erano abituati a fare gli incisori di stampe: potrebbe essere un errore non corretto.

Oltre ciò, la calligrafia sul bordo della tazza è più arcaica, tanto che al posto del moderno numero 2 è ancora impiegato quello a forma di Z, mentre all'interno dello stesso orologio l'incisione dei numeri appare più rifinita: forse due mani diverse hanno lavorato alla tazza, una per le scritte più approssimative in vecchio stile, l'altra per la graduazione. Tracce dell'originale doratura sono ancora evidenti all'interno dell'emisfero.

Ammesso per facezia, di voler credere che gli orologi a rifrazione di Hartmann imitino veramente il miracolo di Isaia, tale miracolo deve essere riprodotto dopo mezzogiorno, poiché il mattino l'acqua versata nel recipiente fa avanzare l'ombra verso le ore centrali e non retrocedere; le ore propizie sono solo quelle del primo pomeriggio, infatti, all'approssimarsi della sera, la rifrazione sposta le indicazioni dell'ombra ben oltre i 10 gradi richiesti dalla Bibbia. Anche la data deve essere compresa tra la primavera inoltrata e lo scorcio dell'estate per l'identico motivo.

Mi ha fatto piacere vedere lo gnomone della tazza, che ho realizzato modificando un raggio della vecchia motocicletta di mio padre, battuto all'asta a caro prezzo e ora esposto al museo di Madrid! Purtroppo, però, gli spagnoli l'hanno piegato verso il basso, ritenendo forse che l'acqua debba riempire solo parzialmente l'emisfero invece di colmarlo, come si deduce anche dall'animazione piuttosto approssimativa presentata sul sito web del museo: ciò pregiudica il corretto funzionamento dell'orologio solare a rifrazione e rende vano il mio restauro.

Gli studiosi del museo madrilenno hanno anche rigirato l'origine delle due tazze gemelle di Hartmann, ipotizzandone l'acquisto da parte di nobili di Toledo e lombardi, presenti in Germania assieme a Carlo V, per offrirle in regalo a ecclesiastici di Roma (M. Villaverde Aparicio, *Ciencia, religión y astrología: Georg Hartmann en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología*, "Actes de la VIII trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica", Barcelona 2006, pp. 303-305).

## È svanita la rifrazione nella fontana d'Urbino

Nell'introdurre il discorso sugli orologi solari a rifrazione, si finisce sempre per citare il famoso trattato *De gli Horologi Solari* di Muzio Oddi nonché la fontana presente nel "giardino pensile" del Palazzo Ducale di Urbino. Gli studiosi che hanno dato notizia di quest'ultima (E. Gamba, *La meridiana a rifrazione nella fontana del giardino pensile*, in *Il Palazzo di Federico*

da Montefeltro. *Restauri e ricerche*, Urbino 1985, pp. 553-556; R. Panicali, *Orologi e orologiai del Rinascimento italiano: la Scuola Urbinate*, Urbino 1988, pp. 122-129; F. Camerota, *Two new attributions: a refractive dial of Guidobaldo del Monte and the "Roverino compass" of Fabrizio Mordente*, "Nuncius", A. 18, vol. 1 (2003), pp. 25-37), per assecondare i documenti conosciuti, hanno fatto coincidere l'orologio descritto all'inizio del Seicento con quello tuttora conservato nel palazzo. Ma la meridiana odierna di Urbino è la stessa descritta dall'Oddi? Indubbiamente è tracciata entro una vasca in giardino, come quella vista dall'autore quattro secoli or sono!

Esaminando attentamente la fontana marmorea a forma di bacile (semi-ellittico secondo Camerota, anche se non è una figura geometrica regolare) si deduce che essa non può essere l'originale vista dall'Oddi, in quanto le sue linee orarie sono evidentemente quelle di una comune tazza "a secco" indicante le ore italiane e non di un orologio solare a rifrazione.

Nelle tazze a rifrazione il bordo è sgombro dai tracciati, perché mai vi giunge l'ombra dello gnomone, mentre la parte utile del quadrante, con le linee orarie e quelle mensili, assume, sempre a causa della rifrazione, una forma a "crescente lunare"; viceversa in quelle a secco tale forma è una fascia che si allarga a "farfalla" se il recipiente è appiattito e, soprattutto, la XXIV ora del giorno (tramonto) coincide con il lembo della tazza, proprio come nel caso della fontana d'Urbino.

I rilievi e le ricostruzioni pubblicati da Gamba e da Panicali appaiono corretti, anche se i due autori non sono d'accordo sulla partenza delle indicazioni orarie, per uno le 9 per l'altro le 11 italiane. Certo la sovrapposizione del Panicali delle ore "francesi" sull'equinoziale è assolutamente inusuale e induce a ritenere che le linee incise nella vasca potessero indicare il tempo sia nel sistema italiano sia in quello d'oltremonte, invece le righe di quest'ultimo hanno tutt'altro andamento.

Valida è anche la ricostruzione pubblicata da Camerota, dove la foto riporta le linee orarie dalle 10, anche se l'autore ripete che iniziano alle 9: ciò sarebbe possibile, poiché, nel giorno più lungo, il Sole sorge a Urbino alle 8:33 italiane.

Naturalmente, per poter funzionare, il bacino era dotato in origine di uno gnomone verticale infisso al centro, alto fino a raggiungere col suo vertice il livello del bordo; purtroppo in mezzo è rimasto solo un foro, oggi chiuso con un moderno tappo marmoreo, mentre all'inizio poteva esserci una colonnina, una statuetta o altro pinnacolo, magari reggente il getto di una fontana. Essendo un orologio a ore italiane, solo l'ombra dell'estremità dello stilo segnava il tempo, rendendo inutile qualsiasi inclinazione dell'asta, messa usualmente in posizione perpendicolare al quadrante in tali tipi di meridiane.

Dalle ore 17 fin quasi alle 22 italiane l'orologio solare della fontana differisce poco da un orologio realizzato su una superficie piana. Nell'orologio orizzontale piano prima delle ore 17 e dopo le 22 italiane le linee tendono ad "andare all'infinito", invece nel bacino della fontana, come in tutti gli orologi solari costruiti in una cavità, i bordi rialzati permettono di superare questi limiti, particolarmente noiosi quando ancora si usava il sistema di computo italiano, poiché l'ora fondamentale della giornata era proprio la ventiquattresima, quella del tramonto, quando si potevano rimettere gli orologi e predisporre il suono dell'Ave Maria.

Si potrebbe concludere che l'orologio solare del Palazzo Ducale è assai simile a quelli realizzati nelle cavità poco profonde di molti dittici di Norimberga.

Studiando le immagini e le informazioni messe a disposizione da Roberto Mantovani, curatore del Gabinetto di Fisica dell'Università di Urbino, ho potuto concludere che l'artefice dell'orologio solare nel giardino pensile ne ha tracciato l'abbozzo impiegando solo tre punti per ogni ora, due posti alle estremità, dove arriva l'ombra dello stilo nei solstizi, il terzo in mezzo dove giunge l'ombra negli equinozi. Tali punti sono stati marcati nel marmo trapanando dei piccoli fori ancora ben evidenti.

Successivamente, le linee orarie sono state ottenute facilmente congiungendo le estremità con dei segmenti rettilinei o, tutt'al più, dei semplici archi sul bordo; inoltre, unendo tra di loro i punti centrali è stata ottenuta la linea equinoziale. Le incertezze del progetto originale sono messe in evidenza proprio dal fatto che questi punti non sono perfettamente allineati e nel disegno finale l'autore ha cercato di "mediare" i vari scostamenti.

Il procedimento mi pare quello tipico descritto dai manuali dell'epoca e corretto per una superficie piana, però nella vasca di Urbino, che piana non è, sono stati commessi degli errori difficilmente controllabili, principalmente al mattino e alla sera, quando l'ombra cade sulla parte maggiormente incurvata del recipiente: le linee dovevano essere costruite con una maggiore quantità di punti. Tuttavia la lettura del tempo approssimata a stima, senza l'indicazione delle frazioni orarie, l'incertezza nell'individuazione dell'estremità dell'ombra, la rifrazione atmosferica nelle prime e nelle ultime ore della giornata, la forma del manufatto non molto regolare, gli errori nel suo orientamento, nel suo posizionamento orizzontale, nella perpendicolarità dello gnomone, oltre che l'assestamento del manufatto e del terreno sottostante hanno sicuramente consigliato il pratico artefice a non perdersi in eccessivi virtuosismi, effettivamente inutili per questo tipo di orologio solare oltretutto di dimensioni contenute.

Non mi resta che riprendere le conclusioni del Fantoni: *"Il tracciamento dei diagrammi orari sulle altre superfici curve si presenta decisamente più complesso. Abili matematici e geometri hanno elaborato, specie negli ultimi secoli, vari metodi analitici o grafici per disegnare questi tipi di strumenti (...) Peraltro l'astrusità delle soluzioni analitiche, dense di ostiche formule, e l'imprecisione delle complesse soluzioni geometriche le mettono tutte, a mio parere, al di fuori del campo della pratica. Con molta maggiore facilità il tracciamento di orologi solari su superfici qualsiasi (...) si può fare usando appositi attrezzi che hanno avuto larga diffusione e impiego nel passato (...) L'uso di questi strumenti costruttivi porta a soluzioni empiriche di dubbia precisione, barattando esattezza con facilità di esecuzione; peraltro esso rappresenta a mio giudizio l'unico sistema pratico per tracciare quadranti solari su superfici di qualsiasi natura geometrica"* (G. Fantoni, *Orologi Solari. Trattato completo di gnomonica*, Roma 1988, p. 330).

L'altezza dello stilo perduto può essere determinata misurando la distanza D dal centro della tazza al punto d'incrocio tra la linea meridiana, la linea equinoziale e quella delle ore 18, in cui giunge l'ombra dello gnomone a mezzogiorno degli equinozi. Sapendo che in quell'istante la distanza del Sole dal Polo celeste è di  $90^\circ$  e che questa è alta sull'orizzonte di un angolo pari alla latitudine del luogo (Urbino:  $43^\circ 43' 27''$  lat. N), ne consegue che  $H = D \cdot \tan \text{lat.}$  dove H è l'altezza dello gnomone verticale; tradotto in numeri si ha  $H = 1,045 \cdot D$  pertanto lo stilo verticale originario era lungo all'incirca come la distanza che separa il centro della tazza dall'incrocio tra le tre predette linee.

Perché la sua ombra al tramonto arrivi proprio sul bordo della vasca, l'altezza dello stilo deve essere esattamente uguale alla profondità della medesima vasca nel punto in cui era infissa l'asta. Dal momento che l'intero ragionamento comporta la mancanza assoluta di qualsiasi rifrazione, la sua verifica costituisce una "prova del nove": le linee attualmente visibili nella fontana d'Urbino non hanno nulla da spartire con l'acqua.

Allo stato attuale delle conoscenze, tra gli orologi a rifrazione sono da annoverare le tre tazze emisferiche di Hartmann del 1547-48, la tazza conservata al Museo di Storia della Scienza di Firenze, la coppa di Christoph Schissler datata 1578 e custodita all'American Philosophical Society di Philadelphia, due orologi a calice conico di Markus Purmann del 1590 e del 1599, il primo al Germanisches Nationalmuseum di Norimberga e il secondo al Museum of the History of Science di Oxford.

Gli orologi a rifrazione finora conosciuti sono OROLOGI SOLARI DIREZIONALI: la direzione del Sole serve a indicare le ore, la sua altezza è impiegata per indicare l'ingresso dell'astro nei segni dello zodiaco e quindi ha funzione calendariale.

Completamente fuori strada è il Duprè che, oltre a vagheggiare nella fontana di Urbino una variante della meridiana a rifrazione orizzontale piana, afferma anche: "Le meridiane a scafea sono un sottoinsieme degli orologi solari di altezza, dove il tempo è determinato dall'altezza del Sole sull'orizzonte" (S. Duprè, *The dioptrics of refractive dials in the sixteenth century*, "Nuncius", A. 18, vol. 1 (2003), p. 65).

Non è da meno il *Catalogue of Sun-dials, Nocturnals and Related Instruments*, pubblicato nel 2007 dall'IMSS di Firenze e curato da A.J. Turner, che subito alla prima pagina (p. 8) in una tabella classifica tutte le *Schaphe*, sferiche o coniche, tra le "altitude dials". Così nel capitolo delle meridiane d'altezza (pp. 64-67) è finita la tazza a rifrazione attribuita al Barocci assieme alla scafea multipla del Buonsignori, formata da 4 orologi solari a ore italiane disegnati in piccole calotte (pp. 66-69), diversamente gli stessi identici orologi, disposti però dal cosmografo fiorentino su un poliedro, sono posti tra i quadranti direzionali (pp. 118-119).

## Da dove arriva la coppa di Firenze?

Seguendo le preziose informazioni lasciateci da Muzio Oddi, nel suo trattato *De gli Horologi Solari*, veniamo a conoscenza che nel 1572 l'insigne scienziato e matematico Guidobaldo del Monte fece costruire un orologio solare a rifrazione, all'interno di una tazza emisferica d'ottone, dall'eccellente costruttore di strumenti scientifici Simone Barocci di Urbino. Trascorsi diversi anni, l'Oddi divenne allievo di Guidobaldo ed ebbe nelle proprie mani tale orologio per molto tempo, mentre il duca Francesco Maria II della Rovere lo prese a modello per realizzarne uno simile, dopo il 1587, nella fontana del suo giardino nel palazzo di Urbino.

Un altro allievo di Guidobaldo, Bernardino Baldi dedicò all'orologio a tazza un epigramma.

Di nuovo l'Oddi, in una lettera del 1634, si dimostrava interessato all'acquisto dell'orologio a rifrazione che, a suo parere, doveva essere posseduto dagli eredi di Guidobaldo (Camerota, *Two new attributions*, cit., p. 31).

Dunque, la coppa che si trovava nel Guardaroba di Palazzo Vecchio a Firenze fin dal 1572, e ora conservata presso il Museo di Storia della Scienza della città, evidentemente non può essere la stessa descritta dall'Oddi e dal Baldi, come sostiene viceversa la recente attribuzione (Camerota, *Two new attributions*, cit., p. 25) ribadita nei cataloghi e nelle pubblicazioni del Museo.

Camerota su "Nuncius" (p. 30), per attribuire la coppa a rifrazione conservata a Firenze a Simone Barocci, asserisce che l'inclinazione del suo stilo nonché della sua linea equinoziale, pari a  $32^\circ$ , corrisponde al valore della latitudine di Urbino di  $43^\circ 30'$  rifratta dall'acqua della tazza.

Però nel passaggio dei raggi di luce dall'aria all'acqua,  $32^\circ$  è l'angolo rifratto di  $44^\circ 56'$  non di  $43^\circ 30'$  e, nelle carte geografiche d'Italia stampate nella seconda metà del Cinquecento,  $45^\circ$  corrispondono generalmente alla latitudine di Venezia, non di Urbino o Firenze.

Le altezze del Sole in meridiano nei solstizi, indicate nel disegno pubblicato da Camerota, sono state ottenute semplicemente, seguendo i manuali scolastici, sommando e sottraendo i  $23^\circ 30'$  d'inclinazione dell'eclittica alla latitudine supposta di  $43^\circ 30'$ , piuttosto di calcolarne i valori, tramite la rifrazione, a partire dalle misure annotate sullo stesso disegno nella parte interna del vaso. Ammesso che le misurazioni moderne siano state fatte con la dovuta precisione, siano trascurabili le incertezze di costruzione e le deformazioni subite nei secoli dal manufatto,

gli angoli indicati per i solstizi rifratti di  $16^\circ$  e  $45^\circ$  inducono a ritenere che la coppa sia stata realizzata per una latitudine di  $45^\circ$  e  $47^\circ$  rispettivamente, portando a concludere che l'orologio solare a rifrazione di Firenze non è stato costruito per essere utilizzato né in quella città né a Urbino.

Ancora secondo Camerota (p. 31) la provenienza da Urbino della coppa fiorentina è chiaramente dimostrata dall'elemento ornamentale posto al centro del suo coperchio, in cui si è voluto vedere una fantomatica ghianda circondata da foglie di quercia, simbolo araldico della casata Della Rovere.

La presunta prova appare assai gracile, per di più non sembra proprio che la decorazione vegetale del coperchio possa definirsi "un simbolo araldico inconfondibile", anzi pare un comunissimo motivo decorativo diffuso in pitture e stucchi di chiese e palazzi, o negli intagli dei loro arredi lignei.

Comunque, per restare solo nell'ambito degli strumenti scientifici rinascimentali e segnatamente a quelli esposti nel museo di Firenze, si possono individuare motivi floreali affini negli astrolabi del Regiomontano, di Hartmann, di Schissler, del Mercatore e ancora nel quadrante di Schissler, negli strumenti matematici di Lusverg o, addirittura, nelle decorazioni incise sul "Giovilabio" di Galileo. Anche l'*Astronomicum Caesareum* di Pietro Appiano, al centro delle volvelle cartacee, di analoghe decorazioni ne sfoggia un piccolo campionario.

All'epoca in cui il catalogo del museo fiorentino schedava ancora la coppa a rifrazione come semplice "Meridiana a tazza o a «scaphea» di origine assai antica" (M. Miniati, *Museo di Storia della Scienza. Catalogo*, Firenze 1991, p. 12), solo osservando la minuscola foto allora pubblicata, avevo intuito che si trattava di un orologio solare a rifrazione, l'unico simile a quello di Hartmann ancora nelle mie mani, come ho poi segnalato nel mio articolo su "Gnomonica" (p. 16). Infatti, senza poterne indagare i particolari, come ha fatto il Camerota, le tazze a rifrazione s'identificano immediatamente dalla posizione delle linee rispetto al labbro del recipiente e alla punta dello gnomone.

La coppa di Firenze è un recipiente di ottone emisferico sostenuto da un piedistallo e fornito di coperchio, per impedire il versamento e l'evaporazione dell'acqua; in prossimità dell'orlo, all'esterno è fissato il supporto di una bussola.

Un robusto stilo appuntito, inclinato di  $32^\circ$  rispetto all'orizzonte, raggiunge con l'apice il centro della tazza, a livello del bordo superiore. Sulla superficie interna del vaso sono incise nel metallo, con qualche incertezza, esili curve ripiegate per tener conto degli effetti rifrattivi: la linea meridiana, la linea equinoziale e quindici linee orarie a partire dalle 9 italiane; invece non sono tracciate le due curve solstiziali.

Tutte le indicazioni dell'orologio solare sono racchiuse nella calotta inferiore, delimitata superiormente da un cerchio orizzontale, in quanto i raggi luminosi, nel passaggio dall'aria all'acqua, hanno un angolo limite di  $48^\circ 36'$  che l'ombra dello gnomone non può mai superare per andare a proiettarsi nella fascia sovrastante, lasciata giustamente sgombra dal costruttore. Quando la tazza è colma d'acqua fino all'orlo, detto cerchio è lambito dall'ombra all'alba e al tramonto, corrispondente alle ore 24 nel sistema italico.

Le indicazioni sulla coppa sono evidentemente elementari e ridotte al minimo, non c'è paragone con le tazze di Hartmann e men che meno con i preziosi calici di Schissler, dotati di una doppia griglia di linee per permettere il loro funzionamento sia con l'acqua sia senza.

La coppa di Firenze è un orologio a ore italiane, utilizza quindi solo l'ombra della punta dello gnomone per indicare il tempo, rendendo inutile qualsiasi inclinazione dell'asta. Di primo acchito, l'inclinazione del suo stilo sembra dunque uno svarione dell'artefice, salvo che egli

prevedesse inizialmente l'aggiunta alla tazza anche del diagramma delle ore civili, com'era comune a quei tempi. Si può anche sospettare che il medesimo costruttore abbia preso a modello un'altra tazza con tracciate le ore civili, sua o di altro autore.

Tuttavia, come già detto, anche con le ore civili contate dalla mezzanotte, l'impiego di uno stilo parallelo all'asse terrestre raggiungerebbe l'effetto voluto solamente in una coppa priva d'acqua: tutta la sua ombra indicherebbe l'ora. Quando però è presente l'acqua, è la punta dell'ombra a segnare fedelmente il tempo e la scelta dello gnomone inclinato resta solo un buon compromesso per il periodo a cavallo del mezzogiorno.

La soluzione adottata nell'orologio fiorentino, ossia l'inclinazione dell'asse celeste rifratta ( $32^\circ$ ), è assai curiosa e indubbiamente è stata adottata in modo empirico nella convinzione di migliorarne i risultati; peccato che il suddetto orologio solare non sia a ore civili, ma a ore italiane che vanificano tutto l'impegno.

Chi ha concepito la coppa a rifrazione di Firenze non sembra certo aver preso a modello una tazza di Hartmann: l'inclinazione del suo gnomone, il tracciato delle linee e la posizione della bussola denotano un progetto autonomo rispetto a quello degli orologi a rifrazione teutonici.

Per di più le tazze di Hartmann, disadorne e pesanti nella forma, sono ricche e curate nella parte scientifica e nelle indicazioni scritte, mentre l'orologio di Firenze è lezioso nel suo stile rinascimentale italiano ma scarso nelle indicazioni, come se l'autore fosse di limitate conoscenze o avesse difficoltà tecnico-esecutive.

Dato che la coppa, senza data né firma, è entrata nella collezione dei Medici di Firenze prima del 1570-72, non si può escludere che possa essere anteriore a quelle del rinomato costruttore di Norimberga.

L'uomo di scienza italiano più versato negli studi sulla rifrazione alla metà del Cinquecento fu Ettore Ausonio, matematico e costruttore di strumenti ottici a Venezia; volendo azzardare, si potrebbe ipotizzare che egli sia stato coinvolto nell'esecuzione della coppa a rifrazione dei granduchi di Toscana, dal momento che certamente sapeva fabbricarla, come risulta palese leggendo una lettera inviata nel 1562 al duca Emanuele Filiberto di Savoia, in cui l'Ausonio prometteva: "Faremo (...) li horologij delle refrattioni." (Duprè, *The dioptrics*, cit., pp. 57-58).

Tra sue numerose note manoscritte, conservate nella Biblioteca Ambrosiana di Milano, è inclusa una tabella con i valori degli angoli d'incidenza e di rifrazione, proprio per realizzare un orologio solare con l'acqua alla latitudine di  $45^\circ$  della sua città. Per un valore dell'angolo di rifrazione prossimo all'angolo limite, i calcoli dall'Ausonio sono sovrastimati di oltre un grado (Duprè, *The dioptrics*, cit., pp. 61-62), un errore che giustificerebbe quel risultato anomalo di  $47^\circ$  per la latitudine, che si desume dalle indicazioni della coppa per il mezzogiorno del solstizio d'inverno.

Lino Colombo



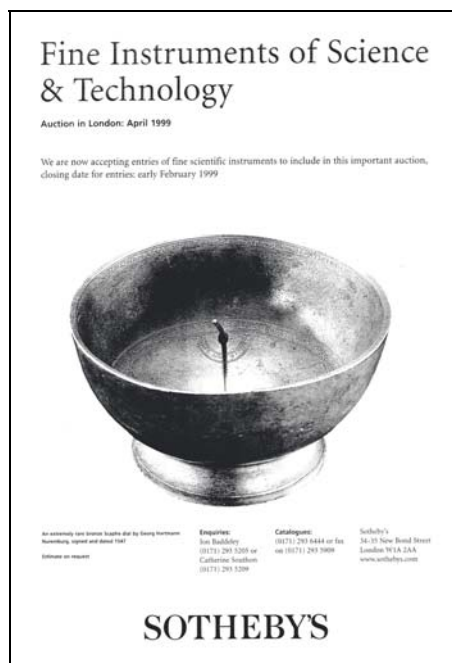
1. L'orologio di Hartmann come si presenta senza acqua.



2. Poco dopo, quando la tazza è colma d'acqua, l'ombra retrocede di una decina di gradi: si compie così il miracolo del profeta Isaia!



3. Pubblicità dell'asta Sotheby's dell'aprile 1999 con la tazza a rifrazione.



4. Particolare della fontana del Palazzo Ducale di Urbino, in cui si vede il bordo orientale con la linea delle ore 23 italiane (foto R. Mantovani).



5. Particolare della porzione occidentale della fontana del Palazzo Ducale, in cui sono stati evidenziati i fori utilizzati dall'artefice per tracciare le linee orarie e l'equinoziale. In alto si legge ancora l'indicazione delle ore 16 (foto R. Mantovani).



L'orologio di Hartmann dopo la prima pulitura

L'orologio di Hartmann con il nuovo gnomone, la bussola e l'acqua



Parte meridionale

Parte meridionale ingrandita





Parte settentrionale





Parte settentrionale ingrandita

Parte occidentale





Parte orientale



SEGUE IL PRIMO ARTICOLO DI LINO COLOMBO PUBBLICATO  
SU GNOMONICA N. 1 DEL 1998

# Gnomonica

## Storia, Arte, Cultura e Tecniche degli Orologi Solari

a cura degli Gnomonisti Italiani con la collaborazione dell' U.A.I. Sezione Quadranti Solari  
N° 1 Settembre 1998



### In questo numero:

- *Mitologia e lettura oraria sui quadranti solari antichi*
- *La scoperta in un mercatino antiquario del più antico orologio solare a calice a rifrazione realizzato da George Hartmann nel 1547*
- *Cronistoria delle meridiane di Fermo*
- *Didattica: La meridiana della scuola elementare di Quinzanello*
- *L'adozione della Meridiana di S. Maria degli Angeli*
- *E' ritornata a splendere la meridiana della Basilica di S. Nicolò all'Arena a Catania*
- *Storia della Bibliografia della gnomonica*
- *Omaggio a Charles K. Aked*
- *L'orologio solare di Torremaggiore: enigma risolto?*
- *Particolare applicazione dell'analisi matematica alle formule delle linee d'ombra*
- *La Gnomonica nel WEB, rubriche Internet e tante altre cose.*



# LA MERIDIANA DI ACAZ

## Un orologio solare a rifrazione di Georg Hartmann datato 1547

Lino Colombo, Dairago, Milano

*L'oggetto di ottone a forma emisferica (diametro 153 mm, altezza 81 mm), lordo e misconosciuto, è stato fortunatamente nonché abilmente recuperato in un mercatino lombardo, da un antiquario di Busto Arsizio a metà aprile del 1998.*

Si tratta di una meridiana a tazza o, secondo la denominazione greca, a *skaphe* (cavo), ossia di una delle più antiche forme conosciute di orologio solare, tracciato sulla superficie interna di una coppa, di cui sopravvivono molti esempi di marmo risalenti al periodo romano. A distanza di molti secoli, nel Cinquecento, riprese la costruzione degli orologi a scafea, di tipo portatile e di piccolo formato, realizzati solitamente in metallo, dei quali la nostra tazza costituisce un notevole esempio (R.R.J. ROHR, *Les Cadran Solaires. Histoire, Théorie, Pratique*, Strasburgo 1986, pp. 17-19, 21, 156; G. FANTONI, *Orologi solari. Trattato completo di gnomonica*, Roma 1988, pp. 328-331). Nella semisfera ritrovata, in una calotta sul fondo sono tracciate 15 linee orarie, numerate dalle V del mattino alle VII di sera, intersecate da sette linee calendariali, costituite dalle coniche relative all'ingresso del sole nei segni dello zodiaco, individuabili dalla presenza dei simboli corrispondenti. Le ore del giorno sono segnate approssimativamente da tutta l'ombra dello stilo, mentre la data è leggibile solo in corrispondenza del suo punto estremo. Come nell'uso attuale, le ore sono contate dalla mezzanotte, secondo il sistema orario tedesco dell'epoca, andato in voga in Italia solo alla fine del Settecento. Sebbene la forma dell'oggetto presenti notevoli affinità con la scafea dell'antichità, il suo funzionamento appare singolare e costituisce un elemento di assoluta novità: prima di leggere correttamente le indicazioni dello strumento, mediante l'ombra dello gnomone, occorre riempire la tazza d'acqua fino all'orlo (0,8 litri). Infatti, sopra le ore, una dicitura incisa avverte: HORE A MERIDIE ET SIGNA SOLIS COGNOSCVNTVR EX REFRACTIONE, le ore e i segni sono conosciuti attraverso la rifrazione del liquido versato nel recipiente. Addirittura, per una parte dell'anno, l'ombra dello gnomone non si proietterebbe nemmeno sul quadrante, se la tazza non fosse colma d'acqua che incurvando i raggi solari di parecchi gradi, li invia sul fondo, tra le linee incise con precisione dal costruttore; linee deformate rispetto a quelle tracciate sulle normali meridiane a scafea, per tener conto della rifrazione crescente con l'avvicinarsi del sole all'orizzonte.

Tutto il disegno è racchiuso in una calotta incorniciata, con l'apertura di 50°, mentre i rimanenti 40° della semisfera sono sgombri, in quanto i raggi luminosi, nel passare dall'aria all'acqua, hanno un angolo limite di 48,6° che l'ombra dello gnomone non può mai superare, per andare a proiettarsi sulla fascia superiore.

L'interno della tazza è suddiviso in due parti uguali dalla linea meridiana, graduata nel tratto settentrionale da 10° a 90° e affiancata dall'iscrizione: GRADVS ASCENSIONVM SOLIS; la sua funzione è quindi quella di misurare l'altezza del sole in cielo, anzi, per essere precisi, la "distanza zenitale" dell'astro.

Il labbro superiore della scafea, dello spessore di 3 mm, è ornato internamente, per tutto lo sviluppo della circonferenza, dalla scritta incorniciata: HYDRAVLICVM QVOD MIRABILI ARTIFICIO \* IMITATVR \* HOROLOGIVM ACHAS IN QVO ESAIAS VMBRAM SOLIS RETRORSVM DVXIT DECEN GRADIBVS QVARTO REGVM 20 CA ESAIE 38 CA: PARA; LI: 2: CA: 32 YH. Il dispositivo è quindi definito "idraulico" e imitante, con un "mirabile artificio", l'orologio di Acaz re di Giuda (736-721 a.C.), dal momento che l'artefice, citando più volte la Bibbia (*Quarto libro dei Re*, capitolo 20; *Isaia*, capitolo 38; *Libro secondo dei Paralipomeni*, capitolo 32), paragona il funzionamento del proprio strumento al miracolo compiuto dal Signore, quando, invocato dal profeta Isaia, fece tornare indietro di dieci gradi l'ombra della meridiana di Acaz, deviando i raggi del sole. È evidente che l'autore di quest'orologio solare conosceva perfettamente gli effetti della rifrazione, anche se in modo empirico, poiché, nonostante il fenomeno fosse già noto fin dall'antichità, la legge attualmente impiegata per eseguirne i calcoli (legge di Snel) fu scoperta solo nel 1621 da Snellius (Willebrord Snel van Rojen) e formulata definitivamente da Cartesio nel decennio successivo:

$$\sin i - n \sin r$$

dove  $i$  è l'angolo d'incidenza (formato dalla normale alla superficie di separazione di due mezzi otticamente diversi e dal raggio incidente),  $r$  l'angolo di rifrazione (formato dalla normale e dal raggio rifratto),  $n$  è l'indice di rifrazione relativo del secondo mezzo rispetto al primo, nel nostro caso dell'acqua rispetto all'aria, pari a 1,333 per la luce gialla.

Per mettere in funzione l'orologio solare, era necessario puntare al polo nord celeste il suo stilo, ora mancante, originariamente impiantato nella parete della coppa a  $48^\circ$  dal fondo, la cui punta si trovava esattamente al centro della sfera, così da formare un angolo, rispetto al piano orizzontale, pari alla latitudine per la quale la scafea è tarata; tale latitudine viene indicata dalla scritta posta in un piccolo semicerchio alla base dello gnomone: POLVS GRA 41~ MI 41~, corrispondente alla città di Roma, dove il polo è alto sull'orizzonte all'incirca  $41^\circ 41'$ . A dire il vero, la latitudine corretta di Roma è pari a  $41^\circ 54'$ , tuttavia nel Cinquecento il suo valore era ampiamente sottostimato, come testimoniano tutte le carte geografiche dell'epoca (R. *ALMAGIÀ, Monumenta Italiae Cartographica*, Firenze 1929, p. 73); ad esempio la carta d'Italia pubblicata nel 1561 da Girolamo Ruscelli posiziona la città proprio alla stessa latitudine dell'orologio (G. RUSCELLI, *La Geografia di Claudio Tolomeo alessandrino*, Venezia 1561).

Il corretto orientamento dello strumento si otteneva mediante una piccola bussola, anch'essa mancante, fissata sotto il fondo della tazza. Resta il foro del diametro di 18 mm, con intorno una corona incisa, in cui si leggono le iniziali latine dei quattro punti cardinali:

SEP (settentrione), ME (meridione), OR (oriente), OC (occidente).

Sopra il piede dello gnomone sono riportati il luogo, la data e la firma dell'autore:

RADIORVM SOLIS IN AQVA GEORGIVS HARTMAN NORENBERGE F 1547, ossia Giorgio Hartmann a Norimberga faceva nel 1547 lo studio dei raggi solari in acqua. Georg Hartmann (1489-1564), vicario della chiesa di S. Sebaldo a Norimberga, fu un pioniere rinascimentale nella costruzione di strumenti scientifici; dalla sua bottega uscirono una gran quantità di astrolabi, quadranti, meridiane, globi e sfere armillari, di cui oggi rimangono un centinaio di esemplari (A. TURNER, *Early Scientific Instruments Europe 1400-1800*, Londra 1987, pp. 39-47). L'Hartmann fu anche pioniere nello studio della declinazione e dell'inclinazione magnetica delle bussole: nel 1510 a Roma misurò la declinazione magnetica, mentre nel 1544 per primo si accorse che l'ago magnetico "s'inclinava verso terra" (R. PITONI, *Storia della Fisica*, Torino 1919, p. 100).

Il Museo di Storia della Scienza di Firenze conserva un orologio solare a scafea della stessa epoca e con la medesima fattura di quello preso in esame; la coppa fiorentina è completa di coperchio, che probabilmente aveva la funzione di impedire il versamento e l'evaporazione dell'acqua contenuta. Bisogna anche segnalare che il museo possiede anche un astrolabio di rame dorato, fabbricato a Norimberga da Georg Hartmann nel 1545 (AA.Vv., *Museo di Storia della Scienza-Firenze Catalogo*, Firenze 1991, pp. 12-13, 30).

Alla fine del mese di aprile abbiamo proceduto al restauro del nostro reperto, liberandone la superficie metallica dalla crosta di sporco; lo stilo è stato ricostruito nelle giuste dimensioni e il foro sul fondo è stato chiuso con una bussola moderna. Riempita d'acqua, la scafea ha così ripreso a funzionare perfettamente, indicando il tempo solare vero locale. Onde verificare che la tazza sia ben orizzontale, basta controllare il livello superiore del liquido rispetto alle linee incise sul bordo; la stessa acqua innalza l'immagine del fondo e lo fa sembrare meno incurvato, aumentando così la leggibilità delle indicazioni fornite dall'orologio.

Quanto abbiamo dedotto dall'interpretazione delle scritte e dallo studio delle linee incise nella coppa, ha trovato piena conferma nel trattato *Degli Horologi solari*, pubblicato nel 1638 dall'architetto e matematico Muzio Oddi di Urbino (1569-1639); infatti l'autore, nel capitolo dedicato agli orologi "rifranti", afferma: "Tra quante cose belle, & ammirabili, che in proposito d'horologi da Sole sono state ritrovate infino al giorno d'hoggi, **nissuna è che per mio credere pareggi quella di farli nel concavo di un vaso, con si fatto artificio, che l'ombra non mostri l'hore giuste, se non quando è tutto ripieno d'acqua**, non potendosi non senza meraviglia vedere, che col fare i Raggi Rifranti, storcere l'ombra dello Gnomone, la drizzano in parte, che ne faccia conoscere il vero".

L'Oddi elencò anche i pochi esemplari di questo orologio da lui conosciuti: "Chi di così curiosa cosa ne sia stato l'autore, non saprei darne certa notizia non sapendo che nessuno de gl'Antichi n'habbia lasciato memoria alcuna: ben so de moderni, che l'anno 1572 l'Illustrissimo Signor Guidobaldo de Marchesi del Monte ne fece fare uno da Simone Baroccio, eccellente artefice, in una mezza sfera d'ottone, & hollo avuto nelle mani molto tempo, il quale servì poi come per modello d'uno che d'ordine del Duca Francesco Maria Secondo, ne fu fabbricato entro la tazza della fonte, che è nel giardino pensile del suo Magnificentissimo Palazzo d'Urbino; come si vede fino al giorno d'hoggi: e circa i medesimi tempi Gio. Battista Benedetti pubblicò la sua Gnomonica, nella quale fece mentione con un particolare Capitolo di quest'istesso Horologio & un giorno parlandone io col Padre Christoforo Clavio in Roma, mi disse, che Giovanni da Montereio n'havea fatto uno ancor lui, per un Principe d'Alemagna. Si conservano ancora presso di me alcuni fogli disegnati dal Commandino, che, per quanto hò potuto conietturare, giua cercando la ragione della varietà de gl'angoli delle refrattioni, non ritirandosi uniformemente l'ombre fatte dal Gnomone, quando il Sole è vicino all'Orizzonte, da quando è alto da terra, benché habbia trascorso intervalli uguali, forse per comporne le tavole à questo effetto, non essendo le medesime, che quelle d'Alazeno e di Vitellione, Né il Benetti, né il Signor Giudobaldo lo fecero; ma solo accennarono il come si Haverebbe à fare per comporle, è però la fabbrica di questi Horologi, fino adesso, si riduce ad una mera pratica". Questa è la conferma che il tracciato degli orologi "rifranti" doveva essere fatto "in pratica" e non teoricamente; lo stesso Oddi descrisse il modo di realizzarli, utilizzando una lanterna per simulare le diverse posizioni del sole in cielo (R. PANICALI, *Orologi e orologiai del Rinascimento italiano. La scuola urbinata*, Urbino 1988, pp. 122-124).

Possiamo concludere che gli orologi solari a forma di coppa sono assai rari, sviluppati nella Germania meridionale per un breve arco di tempo, tra il Cinquecento e il Seicento, cosicché solo alcuni esemplari di essi si trovano ancora nei musei; in particolare, l'orologio oggi ritrovato, oltre ad essere una scea "a rifrazione" assolutamente singolare, dovrebbe anche costituire il primo e il più antico strumento del suo genere. (A.A. MILLS, *Chalice dials*, "Bulletin of the British Sundial Society" 95.3, Ottobre 1995, pp. 19-26). Grazie alla preziosa collaborazione di due esperti di gnomonica, quali Alberto Cintio di Fermo (AP) e Nicola Severino di Roccasecca (FR), siamo venuti a conoscenza che il museo spagnolo di Santa Cruz a Toledo conserva un orologio solare perfettamente identico a quello da noi studiato (A. A. MILLS, *Refractive sundials*, "Bulletin of the British Sundial Society" 96.1, Febbraio 1996, p. 35), la qual cosa non sorprende per nulla, dal momento che l'autore fu un precursore della produzione "in serie" degli strumenti scientifici, a partire da un unico modello.

*Il giorno 29 maggio l'Assessorato alla cultura del Comune di Dairago (Milano), dove risiede lo scrivente, ha dedicato una serata alla mostra e al commento dell'orologio solare a rifrazione, intitolata "UNA MERIDIANA A TAZZA D'ACQUA, ovvero il miracolo del profeta Isaia artificialmente riprodotto, a cura di Lino Colombo". Nella sala del Consiglio comunale, l'oggetto è stato illustrato ad un pubblico attento e meravigliato dal suo funzionamento, ottenuto con l'ausilio della luce di un proiettore.*

*Nella stessa occasione, il Sindaco ha accolto la nostra proposta di realizzare in pietra una riproduzione ingrandita dello strumento, da impiegare quale arredo urbano, così da lasciare un ricordo dell'orologio solare e della sua, purtroppo, breve permanenza nel nostro paese.*

*Lino Colombo*